

内蒙古二连盆地古近系研究回顾 及存在问题¹⁾

王元青¹ 孟 津^{1,2} 金 迅¹

(1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 脊椎动物进化系统学重点实验室 北京 100044)

(2 美国自然历史博物馆古生物学部 纽约 10024)

摘要: 简要回顾了内蒙古二连盆地古近系研究的历史, 介绍了最新的研究进展, 同时对主要地点的位置以及地层发育情况进行了讨论, 并针对不同地点或地区分析了二连盆地古近系划分对比中存在的问题, 对化石产地的地名和岩石地层单位名称的使用提出了建议。

关键词: 内蒙古二连盆地, 古近纪, 地点, 岩石地层单位

中图法分类号: Q915.873, P534.611 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3118(2012)03-0181-23

二连盆地位于内蒙古自治区中部, 靠近中蒙边境, 地理坐标为 $42^{\circ} \sim 44^{\circ} \text{N}$, $110^{\circ} \sim 114^{\circ} \text{E}$ (江浩贤, 1983)。盆地内古近纪地层发育良好、哺乳动物化石丰富。自 20 世纪 20 年代美国自然历史博物馆中亚考察团 (the Central Asiatic Expeditions, CAE) 在这一地区考察之后, 二连盆地就成了亚洲古近纪哺乳动物、地层及相关问题研究的热点地区。1959 年中苏古生物学考察队在二连盆地采集了大量化石。20 世纪 60 ~ 70 年代, 内蒙古地质局第一区测队在二连盆地进行了 1:20 万区域地质调查。期间, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所的相关研究人员参与了古近纪地层、古生物的考察工作。20 世纪 80 年代末以来, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所又陆续开展了相关的工作, 并延续至今。这些考察工作建立了二连盆地古近纪的地层框架, 并命名了一系列岩石地层单位。二连盆地发现的不同时期的哺乳动物群也成为东亚地区古近纪哺乳动物群的代表, 依据这些动物群建立的亚洲古近纪哺乳动物分期在国际学术界得到了广泛应用, 并被作为亚洲陆相年代地层标准收入国际地质年表中 (Luterbacher et al., 2004)。

本文将对二连盆地古近纪地层的研究历史、最新进展以及存在问题进行简要回顾与总结。由于新生代陆相地层横向变化大, 各剖面之间的地层常无法追索, 往往造成地层划分对比的错误。在过去的工作中, 也确实存在这样的情况。为了方便叙述, 避免引起不必要的混淆, 本文将二连盆地古近纪地层发育的地点划分成以下几个区域 (图 1): 二连浩特周边地区、沙拉木伦河以西、脑木更苏木周边地区、脑木更台地地区和四方敖包地区。其中二连浩特周边地区包括呼尔井、阿山头-伊尔丁曼哈、往西直至呼和勃尔和一带。沙拉木伦河以西地区主要指巴润绍台地上巴润绍至乌拉乌苏一带和北台地, 包括乌拉乌苏、

1) 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (编号: KZCX2-EW-106)、国家重点基础研究发展计划项目 (编号: 2012CB821900)、国家自然科学基金 (批准号: 40532010, J0930007) 和中国科学院化石发掘与修理特别支持费资助。

收稿日期: 2012-04-20

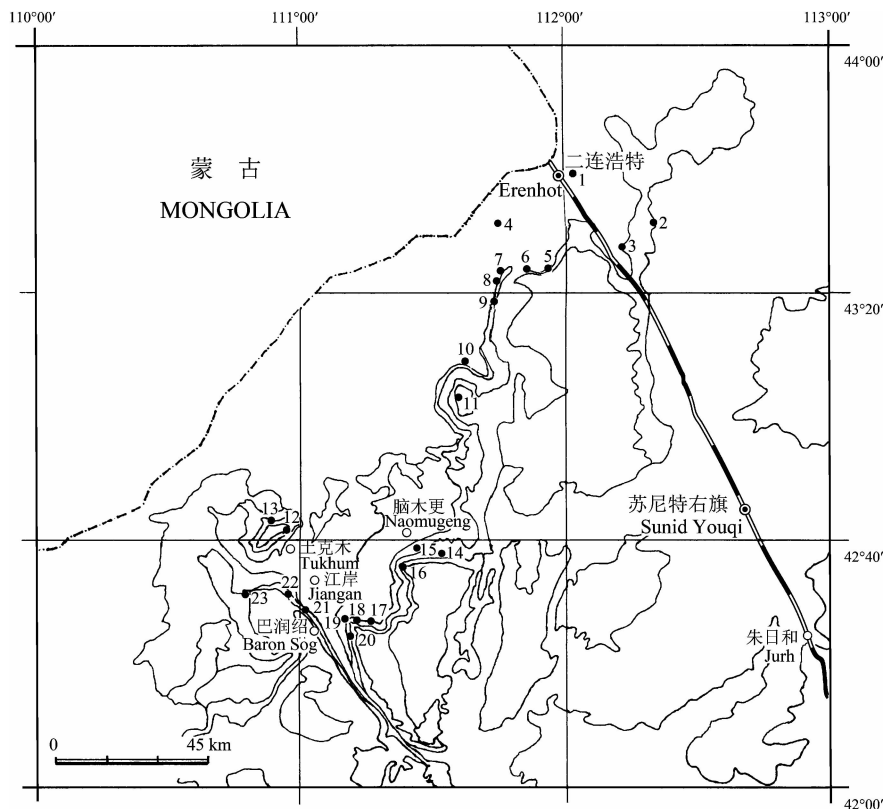


图 1 内蒙古二连盆地古近纪主要地点位置

Fig. 1 Location of the major Paleogene localities in the Erlian Basin, Nei Mongol

1. 呼尔井 (Houldjin); 2. 阿山头敖包 (Arshanto Obo); 3. 伊尔丁曼哈 (Irdin Manha); 4. 苏崩 (Subeng); 5. 道特音敖包 (Daoteyin Obo = Overnight Camp); 6. 都和敏勃尔和 (Duheminboerhe = Camp Margetts); 7. 努和廷勃尔和 (Nuhetingboerhe); 8. 乌兰勃尔和 (Wulanboerhe, 曾译为 Ulan Bulak); 9. 呼和勃尔和 (Huheboerhe, 曾译为 Huhe Bulak); 10. 巴彦乌兰 (Bayan Ulan); 11. 瑙木琿 (Nom Khong = Nom Khong Ora, Nom Khong Shireh, or Holy Mesa); 12. 乌兰陶勒盖 (Wulantaolegai = 4 Miles North of Tukum Lamasery); 13. 乌兰胡秀 (Wulanhuxiu = Chimney Butte = 8 Miles North of Tukum Lamasery); 14. 依和苏布 (Yihesubu); 15. 哈留特 (Haliut); 16. 额尔登敖包 (Erden Obo = Urtyn Obo); 17. 岗干敖包 (Gangan Obo = Ulan Shireh Obo); 18. 和热图 (Heretu = Spring Camp); 19. 巴彦敖包 (Bayan Obo = Twin Obo); 20. 扎木敖包 (Jhama Obo); 21. 哈尔哈达 (Haerhada = 4 Miles North of Baron Sog Lamasery); 22. 乌兰戈楚 (Ulan Gochu); 23. 乌拉乌苏 (Ula Usu)

乌兰戈楚、哈尔哈达、乌兰胡秀和乌兰陶勒盖等化石地点。脑木更苏木周边地区包括从苏木所在地阿曼乌苏东南的依和苏布至西南的额尔登敖包一带。脑木更台地地区指台地周边的露头,包括著名的巴彦乌兰地点。四方敖包地区位于沙拉木伦河以东,即中亚考察团所称的“双敖包”(Twin Obo)一带,附近还有扎木敖包等地点。

1 研究历史回顾

二连盆地古近纪地层最早为科学家所知可以追溯到 1892 年,当时俄罗斯地质学家奥

勃鲁切夫(Vladimir Afanasyevich Obruchev, 1863 ~ 1956)在伊尔丁曼哈以南、后来被称为伊尔丁曼哈组的地层中发现了犀类化石(Berkey and Morris, 1927)。对二连盆地古近纪地层第一次有重要影响的工作是美国自然历史博物馆第三次中亚考察团 20 世纪 20 年代在亚洲进行的一次大规模考察活动。古生物学是这次考察的主要内容之一,考察团先后 5 次到二连盆地进行考察,取得了重要成果。涉及古近纪地层、古生物的考察分别是:

1922 年:呼尔井和伊尔丁曼哈。

1923 年:伊尔丁曼哈、阿山头 and 呼尔井(二连浩特市周边地区)、乌拉乌苏(沙拉木伦河以西),并短暂考察了后来称为马捷茨营地(Camp Margetts)的地点。

1925 年:乌拉乌苏、乌兰戈楚、巴润绍和北台地(沙拉木伦河以西)。

1928 年:北台地、四方敖包(即双敖包 Twin Obo)、扎木敖包、额尔登敖包和脑木更台地。

1930 年:呼和浩特和地区(即中亚考察团的马捷茨营地地区)和阿山头附近。

其中,德日进(P. Teilhard de Chardin)、杨钟健(C. C. Young)和张席禔(H. C. Chang)作为中国地质调查所成员参加了 1930 年的考察活动(Granger, 1930; Chang, 1931)。

美国中亚考察团在二连盆地先后命名了 8 个岩石地层单位:伊尔丁曼哈组(Irdin Manha Formation)、呼尔井组(Houldjin Formation)(Granger and Berkey, 1922)、阿山头组(Arshanto Formation)(Berkey and Morris, 1924, 1927)、沙拉木伦组(Shara Murun Formation)(Berkey and Granger, 1923)、土克木组(Tukhum Formation)(Berkey and Morris, 1927)、乌兰希热组(Ulan Shireh Formation)、乌兰戈楚组(Ulan Gochu Formation)和巴润绍组(Baron Sog Formation, 又译为巴伦索组或巴润索组)(Berkey et al., 1929)¹⁾。其中前 3 个岩石地层单位的命名地点位于二连浩特市周边地区,其余 5 个的命名地点均位于沙拉木伦河以西。中亚考察团在二连盆地发现了大量古近纪哺乳动物化石,以这些化石为主建立的各时期哺乳动物群后来成为中国和亚洲一些重要古近纪哺乳动物分期的基础(Li and Ting, 1983; 童永生等, 1995; Wang et al., 2007)。Romer (1966)首次提出并使用了若干亚洲哺乳动物分期,包括:阿山头期(Arshantan)、伊尔丁曼哈期(Irdinmanhan)、沙拉木伦期(Sharamurunian)、乌兰戈楚期(Ulangochuan)和呼尔井期(Houldjinian)。2004 年出版的《A Geological Time Scale 2004》列举的古近纪亚洲陆相哺乳动物分期(Asian Land Mammal Ages, ALMAs)就采用了除呼尔井期之外的其他 4 个分期(Luterbacher et al., 2004)。

1959 年,由 75 人组成的中苏古生物考察队在内蒙古自治区中西部开始了大规模的考察发掘活动。后由于两国关系破裂,原计划五年的考察只进行了一年半就宣告终止。考察队在二连盆地考察的古近纪地点包括伊尔丁曼哈、呼尔井、乌兰希热、乌拉乌苏、额尔登敖包以及脑木更台地等(Chow and Rozhdestvensky, 1960)。虽然考察队发现了大量哺乳动物化石,但地层工作基本上沿用了美国中亚考察团的观点。

1962 ~ 1964 年和 1972 ~ 1980 年间,内蒙古自治区地质局第一区测队在二连盆地进行了区域地质调查,中国科学院古脊椎动物与古人类研究所内蒙古野外队于 1975 ~ 1977 年间参加了部分野外工作。工作过程中对古近纪地层进行了重新划分和命名,除了继续沿用中

1) 虽然文中没有直接提“组(formation)”这个字,但从题目上可以看出,作者是将文中的地层单位作为“组”对待的。

亚考察团建立的阿山头组之外,还命名了一系列新的地层名称,包括:脑木根组(Nomogen Formation)、巴彦乌兰组(Bayan Ulan Formation)、阿力乌苏组(Aliwusu Formation)、额尔登敖包组(Erden Obo Formation)、下脑岗代组(Lower Naogangdai Formation)和上脑岗代组(Upper Naogangdai Formation)(江浩贤,1983)。这也是《华北区域地层表:内蒙古分册》中采用的地层名称(内蒙古自治区区域地层表编写组,1978)。然而,在1991年出版的《内蒙古区域地质》(内蒙古自治区地质矿产局,1991)和1996年出版的《内蒙古自治区岩石地层》(李文国等,1996)中,除脑木根组之外,其余的沿用了中亚考察团的岩石地层名称:阿山头组、伊尔丁曼哈组、沙拉木伦组、乌兰戈楚组和呼尔井组。《中国地层典:第三系》中保留的有关二连盆地古近纪地层名称包括:脑木根组、阿山头组、伊尔丁曼哈组、乌兰希热组、沙拉木伦组、额尔登敖包组、乌兰戈楚组、巴润绍组和呼尔井组(郑家坚等,1999)。但有些组之间层位关系的叙述却存在疑问,如额尔登敖包组、乌兰戈楚组和巴润绍组(巴伦索组)。此外,还有不少文章讨论了二连盆地古近纪地层,但主要集中于地层对比、时代确定以及名称使用等方面(如孟津,1990;孟津等,1999;齐陶,1990;王伴月,2003;王伴月等,2009)。

2004年以来,中国科学院古脊椎动物与古人类研究所、美国自然历史博物馆和卡内基自然历史博物馆合作在二连盆地持续开展考察工作,澄清了一些长期存在的有关古近纪地层和化石地点的问题(Meng et al., 2007b; Wang et al., 2010)。

2 相关的地点名称

在过去的文献中,有关二连盆地古近纪地点名称的使用存在一定的混乱,同时对不同地点的位置也存在不同说法。为了便于讨论,下面就常用的地点名称及位置作一简单说明(参见图1)。

2.1 二连浩特周边地区

二连浩特周边地区古近系分布的主要地点包括伊尔丁曼哈-阿山头陡坎、呼尔井以及呼和勃尔和地区。伊尔丁曼哈-阿山头陡坎位于二连浩特市赛乌苏以东,是阿山头组(Arshanto Formation)和伊尔丁曼哈组(Irdin Manha Formation)的命名地;呼尔井位于二连浩特市以东、二连盐池以南,是呼尔井组(Houldjin Formation)的命名地(Berkey and Morris, 1924, 1927; Granger and Berkey, 1922)。一直以来,这些地点在使用中没有产生异议。近年的野外工作中,我们通过实地考察,并对比中亚考察团的有关文献和图件,可以确定呼尔井组命名地点的坐标大致为 $43^{\circ}40.677'N$, $112^{\circ}03.762'E$;而中亚考察团1923年在伊尔丁曼哈台地的营地——电报线营地(Telegraph Line Camp)的坐标大致为 $43^{\circ}28.693'N$, $112^{\circ}15.612'E$ 。

1923年,Morris和Granger在二连盐池以东大约40 km (25 Miles East of Iren Dabasu)的地点采集到少量哺乳动物化石(Granger, 1923)。1930年,中亚考察团(德日进等人)考察了阿山头敖包附近的两个地点,一个是阿山头敖包以东4 km (2.5 Miles Eastward from Arshanto Obo)的一处陡坎,另一个地点是阿山头敖包以北8 km (5 Miles North of Arshanto Obo)(Granger, 1930)。这3个地点的具体位置有待进一步确认。

呼和浩特地区位于二连浩特市西南,距市区大约 40 km。1930 年,中亚考察团在这里考察时,将营地取名为马捷茨营地(Camp Margetts),并以营地为参照命名了一系列化石产地:马捷茨营地以西 9.6 km (6 Miles West of Camp Margetts)、以西 11 km (7 Miles West of Camp Margetts)、西南(235°) 11 km (7 Miles Southwest (235°) of Camp Margetts)和西南 16 km (10 Miles Southwest of Camp Margetts)。这一地区也因此被称为马捷茨营地地区(Camp Margetts Area)(Radinsky, 1964)。由于后来在这一地区的呼和浩特和地点进行了较多的工作(齐陶, 1980; Qi, 1987),现在通常称为呼和浩特地区。Qi (1987)和 Russell and Zhai (1987)认为马捷茨营地处于现今的呼和浩特一带。Qi (1987)还认为马捷茨营地西南及以西的各个地点位于巴彦乌兰一带。孟津(1990)根据地层发育情况,参考中亚考察团的原始记录后,认为马捷茨营地处于现称为都和敏勃尔和陡坎边缘的某点,其以西和西南 10~16 km 的地点应位于呼和浩特和一线的陡坎处。孟津(1990)和 Meng et al. (2007b)认为马捷茨营地以西 11 km 和西南(235°) 11 km 可能代表同一个地点。经过在呼和浩特地区多年的详细工作,并对比中亚考察团的野外记录(Granger, 1930),可以确定中亚考察团的马捷茨营地附近重要化石地点的位置。马捷茨营地处于现称为都和敏勃尔和的陡坎边缘;马捷茨营地以西 9.6 km 地点应该是现在的努和廷勃尔和;马捷茨营地西南 16 km 地点应该是呼和浩特和(Meng et al., 2007b; Wang et al., 2010);马捷茨营地西南(235°) 11 km 和西 11 km 分别是乌兰勃尔和、乌兰勃尔和北(Wang et al., 2010)。另外,中亚考察团称为过夜营地(Overnight Camp)的地点,则在道特音敖包附近(Meng et al., 2007b)。

2.2 沙拉木伦河以西地区

沙拉木伦河以西的古近纪地层主要出露在四子王旗原巴音敖包苏木¹⁾的巴润绍台地(中亚考察团称为 Baron Sog Mesa)和原卫境苏木所在地土克木以北的北台地(North Mesa)的边缘。

中亚考察团 1923 和 1925 年在巴润绍台地考察时,使用的地点名称包括:乌拉乌苏(Ula Usu)、乌兰戈楚(Ulan Gochu)、巴润绍喇嘛庙以北 6.4 km (4 Miles North of Baron Sog Lamasery)和巴润绍喇嘛庙以北 12.8 km (8 Miles North of Baron Sog Lamasery)(Granger, 1925)。1959 年,中苏古生物考察队除了在乌拉乌苏进行了大规模发掘之外,还在“巴润绍”地点(“Baron Sog”)进行了考察。该地点距巴润绍喇嘛庙大约 20 km,在乌拉乌苏以东 15 km 处(Chow and Rozhdestvensky, 1960)。根据我们的实地考察,中苏古生物考察队的“巴润绍”地点更可能是乌兰戈楚地点。江浩贤(1983:20, 图 2)将乌兰戈楚标记在沙拉木伦河东侧,并得到进一步引用(Meng et al., 1998)。实际上,江浩贤标记的乌兰戈楚地点大体上应该是四方敖包地区扎木敖包地点的位置。直到 2007 年,邱占祥、王伴月(2007)依据相关资料确定了乌兰戈楚地点的位置,才将其标注在巴润绍台地的北缘。根据我们最近的野外考察,并对比相关地形图,巴润绍喇嘛庙以北 6.4 和 12.8 km 两个地点应该分别对应于哈尔哈达和锡林诺尔以北的露头。两个地点均位于原巴音敖包苏木所在

1) 新的行政区划将原巴音敖包苏木和原卫境苏木并入新建的江岸苏木。

地的西北方向。

在土克木以北的北台地边缘,中亚考察团于 1925 和 1928 年进行了考察发掘。1925 年在两个地点进行了工作,使用的地点名称是土克木喇嘛庙以北 6.4 km (4 Miles North of Tukhum Lamasery) 和土克木喇嘛庙以北 12.8 km (8 Miles North of Tukhum Lamasery) (Granger, 1925)。1928 年的工作主要集中在后一个地点,但使用的是依据地貌特征取的地点名称 Chimney Butte (Granger, 1925, 1928)。根据实地考察,并对比相关地图和 Granger 1925 年野外记录中的草图,可以确定土克木喇嘛庙以北 6.4 km 地点现在称为乌兰陶勒盖,而离土克木喇嘛庙以北 12.8 km 或 Chimney Butte 地点最近的地名是乌兰胡秀。

需要指出的是,中亚考察团当时将整个北台地叫做乌兰希热(Ulan Shireh) (Berkey et al., 1929)。中苏古生物考察队 1959 年在这个地点考察时,将乌兰希热用作地点名称,指出该地点位于土克木以北,离乌拉乌苏大约 30 km (Chow and Rozhdestvensky, 1960),大致应该相当于中亚考察团 Chimney Butte 的位置。江浩贤(1983)在北台地西南角标注了乌兰西里。此后,该点被当作乌兰希热或乌兰西列(Ulan Shireh)地点(Meng et al., 1998; Ni et al., 2010; 齐陶, 1990; 邱占祥、王伴月, 2007)。虽然相关地形图上有乌兰西列这个地名,但它位于土克木以西,距乌拉乌苏约 15 km,而且地层露头很差,应该不是乌兰希热组的命名地点和主要化石产地。另外,尽管江浩贤(1983)在图上标出了乌兰陶勒盖的位置,但后来的研究者却将原卫境苏木所在地土克木标记为化石产地(Meng et al., 1998; Ni et al., 2010; 邱占祥、王伴月, 2007)。实际上,土克木位于靠近北台地的低地上,没有古近纪地层出露。因此,位于北台地的两个化石产地应该称为乌兰陶勒盖和乌兰胡秀。

中亚考察团 1928 年还提到了两个地点:大红沟(Big Red Draw)和西北隆突(Northwest Promontory),分别位于 Chimney Butte 营地西南和西北 1.6 km (1 mile)处,采集到的化石很少,仅有少量雷兽和鼈类(Granger, 1928)。对比相关地形图和 Granger (1928)的草图发现,这两个地点附近没有地名。

2.3 脑木更苏木周边地区

脑木更苏木位于四子王旗北部,周边地区发现的古近纪化石地点包括依和苏布、哈留特、公忽洞和额尔登敖包。

依和苏布地点位于脑木更苏木所在地阿曼乌苏东南约 18 km 处,是一处晚始新世地点,已经描述的化石包括 4 种兔形类:*Gobiolagus major*, *Hypsimylus yihebuensis*, *Desmatolagus* cf. *D. vetustus* 和 *Desmatolagus* sp. (Meng and Hu, 2004)。哈留特是脑木根组的命名地点(内蒙古自治区地质矿产局, 1991; 周明镇等, 1976),位于阿曼乌苏东南约 6 km 处(非周明镇等文章所说的 3 km)。公忽洞位于阿曼乌苏以南 3 km。两个地点出露的地层均为古新统脑木根组(周明镇等, 1976),产出的化石由周明镇、齐陶(1978)描述报道。

额尔登敖包位于阿曼乌苏西南,距阿曼乌苏大约 15 km。附近的古近纪地层发育,出露面积大。中亚考察团 1928 年曾在这里采集了大量化石,他们将这个地点称为 Urtyn Obo (Granger, 1928; Radinsky, 1964)。1959 年中苏古生物考察队也在此进行了考察发掘(Chow and Rozhdestvensky, 1960)。后来描述这个地点的化石时,产地被写成乌尔丁鄂博(如徐余瑄, 1966)。

2.4 脑木更台地地区

脑木更台地位于四子王旗脑木更苏木东北,离阿曼乌苏大约 30 km。中亚考察团将其称为 Nom Khong Shireh 或者 Holy Mesa (Radinsky, 1964)。中苏古生物考察队将该地点叫做 Nom Khong Ora (Chow and Rozhdestvensky, 1960)。在地形图上,这个台地被标记为瑙木琿。虽然台地四周有许多代表更小范围的地名,但中亚考察团采集化石时并没有加以区分。在台地北面的低地,有一个很有名的古新世化石地点——巴彦乌兰 (Bayan Ulan)。Miao (1986)首次描述了产于巴彦乌兰的哺乳动物化石。1998 年, Meng et al. (1998)系统研究了这一地点的化石。巴彦乌兰离台地大约 3 km,以往的研究中在描述台地北缘采集的、层位更高的化石时,也使用了巴彦乌兰这个地点名称(如孟津等, 1999; 王伴月等, 1998)。为了更准确地记录化石产地,建议今后用台地边缘的地名来记录化石地点,如阿尔尚德、楚伦浩饶图、乌罕特音勃尔和等。

2.5 四方敖包地区

这一地区位于沙拉木伦河以东,与巴润绍隔河相望,中亚考察团称之为东台地 (East Mesa)。该地区古近纪地层比较发育,中亚考察团 1928 年在这一地区记录的化石地点包括双敖包 (Twin Obo)、泉水营地 (Spring Camp)、乌兰希热敖包 (Ulan Shireh Obo) 和扎木敖包 (Jhama Obo) (Granger, 1928; Radinsky, 1964)。

经过野外考察,并对比中亚考察团的相关记录和 Radinsky (1964:6) 地点图以及有关的地形图,可以确认双敖包在地形图上被标记为巴彦敖包(当地人现称为四方敖包);泉水营地则位于地形图上标示的和热图附近;乌兰希热敖包很可能是岗干(岗盖)敖包;扎木敖包则是地形图上的同名地点。

3 古近纪地层划分及对比

由于陆相地层横向变化大,且盆地内不同区域之间的地层露头无法进行横向追溯,因此有必要先按区域进行地层的梳理,然后再讨论它们的相互关系。

3.1 二连浩特周边地区

1922 年, Granger and Berkey (1922)命名了伊尔丁曼哈组和呼尔井组。这两个组是二连盆地最早命名的古近纪岩石地层单位,也是中亚考察团命名的第一批古近纪岩石地层单位。

呼尔井组,又称“呼尔井层”(Houldjin Beds)或“呼尔井砾岩”(Houldjin Gravels),其命名地点位于二连浩特市以东的呼尔井陡坎(Houldjin Bluff),岩性为一套松散的黄色、锈黄色砂砾岩,厚度为 4.6 ~ 12.2 m (15 ~ 40 ft) (Berkey and Morris, 1927)。呼尔井组的时代最初被认为是中新世或更晚(Granger and Berkey, 1922)。Matthew and Granger (1923)研究了其中的哺乳动物化石之后,认为呼尔井组的时代应该是渐新世。此后,呼尔井动物群就被当作亚洲渐新世的一个代表(如 Li and Ting, 1983; Romer, 1966; Russell and Zhai, 1987; 童永生等, 1995)。直到 1997 年,随着全球始新统/渐新统界线的确定(Premoli Silva

and Jenkins, 1993)和亚洲陆相渐新统底界的调整,呼尔井动物群(及相应地层)的时代才被认为是晚始新世(王伴月, 1997)。

值得注意的是,呼尔井组在典型地点覆盖在一套红色泥岩之上,两者之间有明显的侵蚀面。这套红色泥岩化石稀少,仅在 1923 年发现一枚小型奇蹄类臼齿。这枚臼齿当时被认为属于 lophiodont, 并且与阿山头组发现的 lophiodont 相似(Berkey and Morris, 1924, 1927)。实际上,阿山头组发现的“lophiodont”被命名为始施氏獾(*Schlosseria magister*) (Matthew and Granger, 1926), 后来归入脊齿獾科(Lophialetidae) (Radinsky, 1965)。如果那枚臼齿确实属于施氏獾的话,将有助于确定呼尔井组之下红色泥岩的层位。然而,后来文献中没有提到那枚牙齿,连 Granger (1923)的化石记录中也没有提及。这样,呼尔井组的层位只能依赖对其中发现的化石进行生物地层对比来确定。

王伴月等(2009)分析了呼尔井组哺乳动物群的组成,认为其时代应为晚始新世。由于呼尔井动物群很可能存在混层现象(王伴月等, 2009), 该动物群的真正性质仍有待进一步系统研究,其地层层位也需要发现更好的剖面来确定。另外,以前报道的其他地点的所谓“呼尔井组”可能并不是真正的呼尔井组(见下文的相关讨论)。因此,在搞清呼尔井组及其所含化石的真正性质之前,应该将呼尔井组的使用限定在其典型地点。

伊尔丁曼哈组命名地点位于赛乌苏以东的伊尔丁曼哈陡坎,剖面上出露的地层最初被全部归入伊尔丁曼哈组(Granger and Berkey, 1922)。1924 年, Berkey 和 Morris 认为应该将下部的红色泥岩和粉砂岩单独划分出来,并依 11 km 以外的阿山头敖包(即地形图上标注的阿尔善廷敖包)将其暂称为阿山头组(Berkey and Morris, 1924)。虽然到 1927 年才将这套红色泥岩、粉砂岩正式命名为阿山头组(Berkey and Morris, 1927), 但在此前研究哺乳动物的论文中已经被采用(Matthew and Granger, 1926)。这样,伊尔丁曼哈组就只限于剖面上部的白色砂质泥岩、砂岩和砾岩。两组之间为平行不整合接触。这样的划分方案在后来的研究中被广泛接受(如齐陶, 1980; Qi, 1987; 内蒙古自治区地质矿产局, 1991; 李文国等, 1996; Meng et al., 2007b; Wang et al., 2010)。实际上,在阿山头组和伊尔丁曼哈组的命名地点,并没有见到阿山头组的底界,而伊尔丁曼哈组也只是由 10 m 左右的灰白色砂质泥岩、砂岩和砂砾岩为代表。

德日进等人在阿山头敖包以北 8 km 的地点发现了 *Eudinoceras mongoliensis* 破碎的头骨化石(AMNH 26639, field no. 829) (Granger, 1930; Osborn and Granger, 1932)。这个地点的地层最初被认为是“伊尔丁曼哈组”,但 Radinsky (1964)根据德日进等在这个地点发现类似 *Schlosseria magister* 的獾类化石,认为其层位应该是阿山头组。然而,这个地点的獾类标本在 Granger (1930)的记录中没有记载, Radinsky (1965)研究亚洲古近纪獾形类时,既没有描述也没有提到这些化石。最新的研究表明, *Eudinoceras mongoliensis* 的产出层位应该是阿山头组(毛方园、王元青, 2012), 因此这个地点的化石层位很可能也是阿山头组。德日进等人还在阿山头敖包以东 4 km 处发现了 *Embolotherium* 破损的颧弓,因而认为其产出地层可能属于“乌兰戈楚组”(Granger, 1930)。由于化石材料比较破碎,没有正式描述报道,鉴定结果也存在疑问,因而其地层层位并不确定。

Morris 和 Granger 1923 年在二连盐池以东大约 40 km 的地点采集到哺乳动物化石(field no. 133), 最初认为其层位很可能是“伊尔丁曼哈组”(Granger, 1923:4)。其中的

獾类化石既有与 *Schlosseria* 相似的,也有与 *Lophialetes* 相似的,因此 Radinsky (1964) 认为这些化石可能来自不止一个层位。这可能与当时并没有在典型地点区分阿山头组和伊尔丁曼哈组有关。

二连浩特周边与伊尔丁曼哈和呼尔井两个地点有关的还有呼和勃尔和地区。1923 年,Granger 和 Morris 曾考察过都和敏勃尔和附近的一个地点(二连盐池西南大约 40 km = 25 Miles Southwest of Iren Dabasu),采集了少量的哺乳动物化石,层位记录为“伊尔丁曼哈组”(field no. 147, Granger, 1923:9)。Morris 绘制了一个剖面(参见孟津,1990:210),并将地层自下而上分为 6 层,包括:底部的灰色砂质泥岩;红色砂质泥岩(12.2 m = 40 ft);灰色泥质砂岩夹淡红色层(10.7 m = 35 ft);白色至灰色长石、含结核砂岩和砾岩(9.1 m = 30 ft);局部存在的、薄的灰色砂质泥岩以及位于陡坎顶部的黄色砂岩和砂砾岩(3 m = 10 ft)(Radinsky, 1964)。1930 年,中亚考察团在这一地区开展了大规模考察活动,在不同地点采集了大量化石。化石产自两组地层中,分别被记录为“伊尔丁曼哈组”和“呼尔井组”(Granger, 1930)。

Chang (1931) 报道这一地区的剖面时,将剖面分为 3 个层位:最上部的称为“上雷兽层”(Upper *Titanotherium* Beds)或“雷兽带”(*Titanotherium* Zone),中间的称为“伊尔丁曼哈层”(Irdinmanha Beds),下部划分出“Duhum Beds”。对比 Granger (1930) 的记录和剖面,Chang 的“上雷兽层”应该相当于中亚考察团的“呼尔井组”,而“Duhum Beds”则被中亚考察团归入了“伊尔丁曼哈组”。

Radinsky 在研究亚洲古近纪獾形类时,根据化石的保存状况和产出层位,对马捷茨营地地区(即现呼和勃尔和地区)的地层划分提出了疑问,指出现有证据表明马捷茨营地地区的“伊尔丁曼哈组”和“呼尔井组”与典型地点的伊尔丁曼哈组和呼尔井组的关系并不清楚,要解决这个问题需要仔细的地层学研究。同时他还建议在问题澄清之前,将“伊尔丁曼哈组”和“呼尔井组”用于表示马捷茨营地地区的地层时加上引号,以表示其对比关系的不确定(Radinsky, 1964)。本文遵循这一原则,在将包括这两个组在内的岩石地层单位(组)应用于典型地点以外时,如果含义可能与典型地点不同,则加上引号以示区别。

江浩贤(1983)报道了乌兰勃(博)尔和以及苏崩两个地点的脑木根组地层。苏崩地点(图 1)的脑木根组不整合在上白垩统二连达布苏组(又称二连组)之上,厚度仅有几米(>3 m),岩性为棕红色泥岩。该地点共发现 17 属 18 种哺乳动物(Beard et al., 2010; Meng et al., 2007a; Missiaen and Smith, 2005),大多数为亚洲晚古新世常见或典型种类。Meng et al. (2004)报道了在乌兰勃尔和脑木根组顶部发现的 *Gomphos elkema* 化石,首次确认在二连盆地存在早始新世地层。

根据 2001 年之后在呼和勃尔和地区详细的地层工作,呼和勃尔和地区的古近纪地层可以自下而上划分为脑木根组、阿山头组和伊尔丁曼哈组,各组之间的接触关系均为假整合(Meng et al., 2007b; Wang et al., 2010)。虽然这一地区的部分地点存在类似于典型地点呼尔井组的黄色砂砾岩,但很不稳定且不连续,并且常常夹在灰白色砂质泥岩、砂砾岩中间。另外,在伊尔丁曼哈组典型地点也局部夹有黄色砂岩。因此并不能确认呼和勃尔和地区有呼尔井组存在。与相关岩石地层单位的命名剖面进行岩性和生物组合对比,结果显示中亚考察团在马捷茨营地及周边地区的所谓“呼尔井组”应该是伊尔丁曼哈组,

而“伊尔丁曼哈组”则为阿山头组 (Wang et al., 2010)。呼和浩特地区中亚考察团的“伊尔丁曼哈”曾经被认为属于阿山头组和/或脑木根组,但通过分析对比我们最近野外工作中所获得的资料与美国中亚考察团的野外记录,可以认为这一地区中亚考察团原认为属于“伊尔丁曼哈组”的化石中并没有来自脑木根组的成员 (Wang et al., 2010)。

孙勃等 (2009) 报道了努和廷勃尔和及呼和浩特两条剖面的古地磁研究结果。呼和浩特地区的古近系记录了 5 个正极性段和 6 个负极性段,可以与标准磁极性年表的 C21r-C26r 之间的极性带对应。根据这个结果,结合哺乳动物化石,我们认为呼和浩特地区的脑木根组由晚古新世和早始新世早期的地层构成,阿山头组的时代为早始新世晚期至中始新世早期,而不仅是过去认为的中始新世 (Wang et al., 2010)。

3.2 沙拉木伦河以西地区

Granger 1922 年就注意到在沙拉木伦地区有富含化石的沉积 (Berkey and Morris, 1927)。在沙拉木伦河以西地区,中亚考察团考察的第一个古近纪地点是巴润绍台地的乌拉乌苏,当时认为这个地点出露的地层与“伊尔丁曼哈组”¹⁾ 相当 (Granger, 1923: 18 ~ 29)。经过 1923 和 1925 年两年的工作,中亚考察团在巴润绍台地命名了 4 个组:土克木组、沙拉木伦组、乌兰戈楚组和巴润绍组。

最早命名的是沙拉木伦组,命名地点是乌拉乌苏。Berkey and Granger (1923) 提出沙拉木伦组这个名称时,并没有给出岩性描述,但在表格 (p. 15) 中将其置于伊尔丁曼哈组之下。Berkey and Morris (1927: 209 ~ 210) 首次描述沙拉木伦组的岩性时,将该组分为上下两个部分:“上段”主要由白色和浅灰色含砾砂岩组成,局部有棕色和灰色泥质层;“下段”几乎全部是砂质泥岩,颜色变化很丰富,以红色为主,夹有紫色、棕色和绿色层,在一些地方,有丰富的石膏晶体。沙拉木伦组在乌拉乌苏剖面的厚度大约为 60 ~ 90 m (200 ~ 300 ft, Radinsky, 1964)。Berkey and Morris (1924) 认为沙拉木伦组和伊尔丁曼哈组大致相当。后来,对于化石的研究证明沙拉木伦组应该晚于伊尔丁曼哈组 (Matthew and Granger, 1925; Osborn, 1925)。

在乌拉乌苏剖面底部,有一套硬的红色泥岩,被称为“下红层” (“lower red beds”) ²⁾ (Granger, 1925)。虽然 Morris (1923: 59) 认为其应该构成真正的沙拉木伦组之下的一个新的、独立的组,并建议用低地上的寺庙 (指土克木) 来命名 (拼写为 Doch Hume 或 Dockhum), 但 Berkey and Morris (1927) 才将其命名为土克木组。Radinsky (1964) 认为基于 Morris 的剖面,并不清楚是否所有的“下红层”都归入土克木组或者有部分“下红层”被包含在沙拉木伦组底部,以至于他后来研究亚洲古近纪类群时,将乌拉乌苏 *Lophialetes expeditus*? (AMNH 22091-22095, Granger 1925 年野外编号 572) 的层位列为沙拉木伦组下红层 (Radinsky, 1965: 195)。实际上,根据 Granger 的野外记录和我们的野外观察,在乌拉乌苏剖面,只有最底部硬的红色泥岩才被称为“下红层” (Granger, 1925: 4), 相当于 Morris 剖面的最底部。

1) 按当时的概念,应该包括后来分出的阿山头组。

2) 在中亚考察团的记录和发表的文献中,常用上下的相对位置和地层的颜色来称呼某个层位,在使用和对比中需特别注意其具体地点和剖面,因为在不同剖面上它们很可能不具有可对比性。

在 Granger 的野外记录中, 乌拉乌苏标本中只有野外编号 572 的标本产自“下红层”(Granger, 1925:4, 44)。因此, Radinsky (1965) 描述的产自乌拉乌苏的 *Lophialetes expeditus*?, 层位应该是土克木组。Matthew and Granger (1926) 描述了德氏犀 *Teilhardia pretiosa*, 指出其层位是沙拉木伦组底部“下红层”(“lower red beds” at base of Shara Murun formation) (p. 4) 或沙拉木伦组之下的阿山头层 (Arshanto beds beneath the Shara Murun (Formation)) (p. 5)。此后, 该化石一直被当作土克木组或阿山头组的化石代表 (Berkey and Morris, 1927; Li and Ting, 1983; Meng and McKenna, 1998; 齐陶等, 1992; Russell and Zhai, 1987; Tsubamoto et al., 2004)。然而, 根据野外记录, 该标本是 1923 年采集的, 标本的野外编号为 191 (Granger, 1923:19)。同一野外编号下还有若干化石被鉴定为 *Caenolophus*, *Deperetalla*, *Pterodon*, *Triplopus*? 和 *Rhodopagus*? (Matthew and Granger, 1925; Radinsky, 1965)。从标本的保存状况来看, 不像是从地层中直接采集的, 而更像是已经在地表风化了一段时间。因此, *Teilhardia pretiosa* 的真正产出层位并不能肯定为土克木组。

在巴润绍台地的东部, 沙拉木伦组上部典型的浅色泥岩和砂岩之上有一套红色泥岩 (图 2A), 在台地北缘成楔形延伸, 最薄的地方厚度只有 0.6 m, 在乌兰戈楚的厚度最大, 达到 18.3 m (60 ft), 向西变薄并尖灭, Berkey et al. (1929) 将其命名为乌兰戈楚组。虽然在乌兰戈楚动物群的化石名单中列出了多达 15 种哺乳动物 (Meng and McKenna, 1998; Tsubamoto et al., 2004), 并且还有新的属种被报道为产自乌兰戈楚组 (王伴月, 2001, 2007a,b, 2008a,b; 王伴月、邱占祥, 2002), 但只有雷兽 *Embolotherium grangeri* (= *E. loucksii*) (Osborn, 1929; Mhlbachler, 2008) 和啮齿类 *Ardynomys olsoni* (王伴月、孟津, 2009) 发现于典型地点的乌兰戈楚组, 其他化石均来自非典型地点。由于不同地点的乌兰戈楚组在含义上并不相同 (见后面的讨论), 非典型地点“乌兰戈楚组”的化石可能与典型地点乌兰戈楚组的化石不是来自同一岩石地层单位。

需要指出的是, 在乌拉乌苏剖面上, 沙拉木伦组上下两“段”地层之间存在明显的侵蚀面。在台地东部, 沙拉木伦组的层序基本相同, 这个侵蚀面也同样存在, 而沙拉木伦组“上段”与乌兰戈楚组之间是整合接触。因此, 关于沙拉木伦组与乌兰戈楚组的划分或许需要重新考虑。地层的重新划分问题不是本文讨论的重点, 为了避免混淆, 本文仍沿用中亚考察团关于两组的定义。

在乌兰戈楚组之上, 为一套浅灰色泥岩和有交错层理的细砂岩, 一些层中夹有白色泥灰质结核, 局部有砂砾岩 (图 2)。Berkey et al. (1929) 根据建在这套地层之上的同名喇嘛庙、苏木以及敖包将其命名为巴润绍组。该组在台地的东部比较发育, 向西逐渐变薄、尖灭。中亚考察团实测的最大厚度约为 8 m (27 ft) (Berkey et al., 1929), 但其在台地东端的厚度可达 12~13 m。它与下伏乌兰戈楚组之间为假整合接触。巴润绍组的时代曾被认为是早-中渐新世 (Berkey et al., 1929; Osborn, 1929)、早渐新世 (Russell and Zhai, 1987; Wang, 1992)。随着对陆相始新统/渐新统界线的重新认识, 目前最新的观点认为巴润绍组的时代应该是晚始新世 (王伴月, 1997, 2003)。已经描述报道的典型地点巴润绍组中产出的哺乳动物化石也仅有 2 种: 雷兽 *Embolotherium andrewsi* (= *E. ultimum*) (Granger and Gregory, 1943; Mhlbachler, 2008) 和两栖犀 *Zaisanamynodon borisovi* (Lucas et al., 1996)。

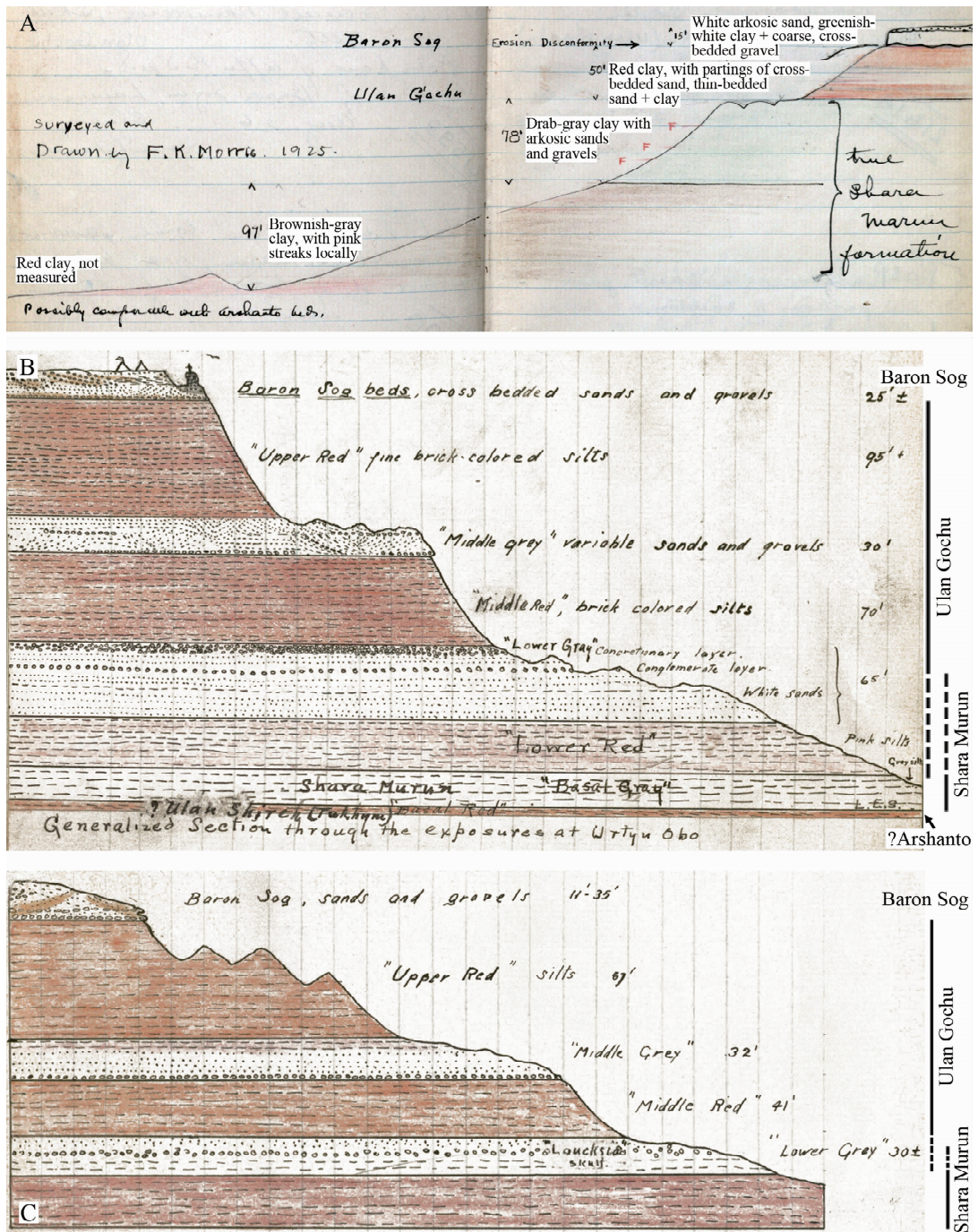


图2 中亚考察团巴润绍剖面(A)、额尔登敖包剖面(B)和瑙木琿剖面(C)

Fig. 2 Sections at Baron Sog (A), Erden Obo (B) and Nom Khong (C) of the CAE

A. from Granger (1925), the lithologic descriptions are retyped due to their small size in the original handwritings; B, C. from Granger (1928) with formation assignment based on Osborn (1929)

在土克木以北的北台地,中亚考察团将出露的全部古近纪地层命名为乌兰希热组,指出这是一套以红色泥岩为主的地层,也含有灰色泥岩、砂岩和砾岩,厚度超过 45 m (>150 ft),并认为其与土克木组相当(Berkey et al., 1929)。实际上,1925 年美国中亚考察团第一次在此考察时认为其与沙拉木伦组相当(Granger, 1925; Radinsky, 1964)。Granger 后来在 1925 和 1928 年野外化石记录上添加了注释,认为乌兰希热组时代早于沙拉木伦组,很可能与土克木组(也和伊尔丁曼哈组)相当(Granger, 1925:66; 1928:3)。Granger and Gregory (1934)和 Granger (1938)在研究产自乌兰希热组的全齿类 *Pantolambdodon* 和肉齿类 *Sarkastodon* 时,进一步认为乌兰希热组与伊尔丁曼哈相当。Radinsky (1967:22)则认为乌兰希热组比伊尔丁曼组的时代稍早。叶捷(1983)研究了乌兰希热动物群,认为其与伊尔丁曼哈动物群时代相当。

中亚考察团将乌兰胡秀(即 Chimney Butte)剖面的地层分为 13 层(Granger, 1928:6~7),但其与土克木组的关系一直不清楚。郑家坚等(1999)认为乌兰希热组位于土克木组之上。经过实地考察并对比 Granger 的野外记录发现,化石主要产于剖面下部的灰色和杂色层中。中上部的红色泥岩、粉砂岩中化石较少,岩性与乌拉乌苏的土克木组相似。另外,土克木组发现的 *Lophialetes* 在乌兰希热组中也比较常见。因此土克木组可能相当于乌兰希热组的中上部。

从上面的讨论可以看出,沙拉木伦河以西古近纪地层的层序自下而上应为:乌兰希热组(中上部相当于乌拉乌苏的土克木组)、沙拉木伦组、乌兰戈楚组和巴润绍组。

3.3 脑木更苏木周边地区

在脑木更苏木周边地区,有两个剖面受到广泛关注,一个是哈留特剖面,另一个是额尔登敖包剖面。哈留特剖面是脑木根组的命名剖面(李文国等, 1996; 郑家坚等, 1999; 周明镇等, 1976), 出露的地层主要是脑木根组。由于脑木根组也存在于额尔登敖包剖面的底部,因此这一地区地层问题的焦点是额尔登敖包剖面的划分与对比。

Osborn (1929)首次报道了额尔登敖包剖面。他依据 Granger 和 Spock 1928 年的野外记录,将该剖面自上而下划分为 8 层:“上部白层”(“Upper White”)、“上部红层”(“Upper Red”)、“中部白层”(“Middle White or Gray”)、“中部红层”(“Middle Red”)、“下部白层”(“Lower White”)、“下部红层”(“Lower Red”)、“底部白层”(“Basal White”)和“底部红层”(“Basal Red”)(图 2B),并认为“上部白层”相当于“巴润绍组”,“上部红层”至“下部白层”上部相当于“乌兰戈楚组”,“底部白层”相当于“沙拉木伦组”,而“下部白层”下部和“下部红层”则可能属于“乌兰戈楚组”或“沙拉木伦组”,“底部红层”则代表有疑问的阿山头组(?) (Osborn, 1929)(表 1)。额尔登敖包剖面的“乌兰戈楚组”包括了“下部白层”上部甚至“下部红层”至“上部红层”的地层,其中有多层红色岩层和白色岩层,厚度不小于 68 m (225 ft),远大于典型地点乌兰戈楚组的 18.3 m。显然,额尔登敖包剖面的“乌兰戈楚组”并不等于典型地点的乌兰戈楚组。前面提到的将包括额尔登敖包在内的非典型地点的“乌兰戈楚组”产出的化石作为乌兰戈楚动物群的成员,造成了该动物群组成的混乱,应该加以避免和澄清。

Chang (1931)也报道了额尔登敖包剖面,与 Osborn (1929)划分的区别仅在于,Chang 将“下部红层”归入“沙拉木伦组”,而将“下部白层”全部归入“乌兰戈楚组”(表 1)。

表 1 额尔登敖包剖面划分沿革

Table 1 Comparison of subdivisions of the Erden Obo (Urtyn Obo) Section

Osborn, 1929			Chang, 1931		Pei et al., 1963		Jiang, 1983		Qi, 1990		Qiu and Wang, 2007	
岩层 Strata	组 Formation	时代 Age	组 Formation	时代 Age	组 Formation	时代 Age	岩层 Strata	组 Formation	时代 Age	组 Formation	时代 Age	
“上部白层” “Upper White”	巴润绍组 Baron Sog Fm.	早-中渐新世 Early-Middle Oligocene	巴润绍组 Baron Sog Fm.				21 - 23	上脑岗代组 Upper Nao-gangtai Fm.	中渐新世 Middle Oligocene	上脑岗代组 Upper Nao-gangtai Fm.	早渐新世 Early Oligocene	
“上部红层” “Upper Red”							18 - 20	下脑岗 代组		巴润绍组 Baron Sog Fm.	早渐新世 Early Oligocene	
“中部白层” “Middle White or Gray”	乌兰戈 楚组 Ulan Gochu Fm.	早渐新世 Early Oligocene	乌兰戈 楚组 Ulan Gochu Fm.	渐新世 Oligo- cene	？ 乌兰丁鄂 博组 Urtyn Obo Fm.		16 - 17	Lower Nao- gangtai Fm.		乌兰戈楚组 Ulan Gochu Fm.	晚始新世 Late Eocene	
“中部红层” “Middle Red”					？		14 - 15	额尔登 敖包组 Erden Obo Fm.	早渐新世 Early Oligocene			
“下部白层” “Lower White”							10 - 13					
	乌兰戈楚 组？/沙拉 木伦组？ Ulan Gochu Fm.？ or Shara Murun Fm.？						8 - 9			沙拉木伦组 Shara Murun Fm.	晚始新世	
“下部红层” “Lower Red”			沙拉木 伦组 Shara Murun Fm.			晚始新世 Late Eocene	7	阿力乌苏组 Alisu Fm.		土克木组 Tukhum Fm.	Late Eocene	中始 新世
“底部白层” “Basal White”	沙拉木 伦组 Shara Murun Fm.	始新世 Eocene		始新世 Eocene			5 - 6			伊尔丁曼 哈组 Irдин Manha Fm.	Middle Eocene	中期 middle
“底部红层” “Basal Red”	阿山头组？ Arshanto Fm.？		阿山头组 Arshanto Fm.				1 - 4	上古新统-中始新统 Upper Paleocene- Middle Eocene	晚古新世- 早始新世 Late Paleo- cene-Early Eocene	脑木根组？ Nomogen Fm.？	晚古新世？ Late Paleocene？	

裴文中等(1963)在这个剖面上命名了乌尔丁鄂博组,认为其时代为渐新世,但没有说明乌尔丁鄂博组具体包括的地层。《中国地层典:第三系》将其名称改为额尔登敖包组,认为它“主要为一套灰白色含砾砂岩、细砂岩和砖红色、棕红色砂质泥岩、泥岩。约厚 20 余米。上与渐新世呼尔井组、下与晚始新世沙拉木伦组均为假整合接触”(郑家坚等, 1999)。因为郑家坚等(1999)认为中亚考察团在额尔登敖包剖面上的“巴润绍组”应该是“呼尔井组”,他们的“额尔登敖包组”与中亚考察团在额尔登敖包剖面上的“乌兰戈楚组”大致相当。

20 世纪 70 年代,内蒙古区测队在二连盆地进行区域地质调查时,命名了一系列岩石地层单位。除脑木根组和巴彦乌兰组之外,其余各组的建组剖面均为额尔登敖包剖面(江浩贤, 1983)。江浩贤(1983)将额尔登敖包剖面分为 23 层(表 1),与中亚考察团的剖面相比较,可以认为:1~4 层相当于“底部红层”,5~6 层相当于“底部白层”,7 层相当于“下部红层”,8~13 层相当于“下部白层”,14~15 层相当于“中部红层”,16~17 层相当于“中部白层”,18~20 层相当于“上部红层”,21~23 层相当于“上部白层”。江浩贤(1983)将剖面的 1~4 层归入“脑木根组”-“阿山头组”,将 5~9 层命名为阿力乌苏组,10~15 层命名为额尔登敖包组¹⁾,16~20 层命名为下脑岗代组,21~23 层命名为上脑岗代组。

齐陶(1990)利用相同的地层资料,重新启用了美国中亚考察团在二连盆地使用的地层名称。他将 1~4 层归入脑木根组,5~6 层归入“伊尔丁曼哈组”,7 层归入“土克木组”,8~9 层归入“沙拉木伦组”,10~15 层归入“乌兰戈楚组”,16~20 层归入“巴润绍组”,21~23 层归入“呼尔井组”(表 1)。邱占祥、王伴月(2007)认为,“底部红层”可能为脑木根组,“底部白层”相当于伊尔丁曼哈组,“下部红层”可能相当于沙拉木伦组,“下部白层”至“上部红层”相当于“乌兰戈楚组”,而“上部白层”则应为上脑岗代组(表 1)。

经过最近几年的野外考察,我们发现额尔登敖包剖面与典型地点的对比问题相当复杂,以前的划分方案都不同程度地存在一些问题。目前可以肯定的是,“底部红层”应该归入脑木根组,“上部白层”应该称为上脑岗代组。其他层位的确定,仍需要进一步的工作。在相关问题澄清之前,最好暂时采用中亚考察团的“上部红层”、“中部白层”、“中部红层”、“下部白层”、“下部红层”和“底部白层”等层位名称,以免引起更大的混乱。同时,应该区别以往按相同组名报道的额尔登敖包剖面和其他地点(包括命名地点)化石。

3.4 脑木更台地地区

内蒙古区测队在台地北面的巴彦乌兰,依据其中所含化石与典型的脑木根组所产化石略有不同,在脑木根组之上命名了巴彦乌兰组(江浩贤, 1983)。后来的研究表明,脑木根组与“巴彦乌兰组”为连续沉积,岩性基本相同且无明显界线,从而将两者合并,称为脑木根组(内蒙古自治区地质矿产局, 1991)。Meng et al. (1998)研究巴彦乌兰产出的化石后认为,“巴彦乌兰组”的化石与脑木根组的化石基本相同,均属晚古新世动物群,“巴彦乌兰组”与命名地点脑木根组在岩性上的差别是横向变化的结果。此后,“巴彦乌兰组”不再作为岩石地层单位使用。

1) 江浩贤(1983)命名的“额尔登敖包组”不同于郑家坚等(1999)改名的“额尔登敖包组”(=乌尔丁鄂博组)。后者可能相当于江浩贤的“额尔登敖包组”和“下脑岗代组”。

脑木更台地地区的古近系早在 1929 年就由 Osborn 报道。他将台地西侧的地层自上而下划分为:“上部白层”(“Upper White”)、“上部红层”(“Upper Red”)、“中部白层”(“Middle White or Pink”)、“中部红层”(“Middle Red”)、“下部白层”(“Lower Gray”)和“下部红层”(“Lower Red”)(图 2C),并认为“上部白层”相当于“巴润绍组”,“上部红层”至“中部红层”上部相当于“乌兰戈楚组”,“下部红层”相当于“沙拉木伦组”,“下部白层”则可能属于“乌兰戈楚组”或“沙拉木伦组”。

江浩贤(1983)描述了巴彦乌兰剖面(从巴彦乌兰至台地顶部),将该地区的古近系划分为 17 层。他认为 1 层属脑木根组,2 层属“巴彦乌兰组”,3~6 层为阿山头组,7~9 层为阿力乌苏组,10~16 层为额尔登敖包组,最上面的 17 层为上脑岗代组。

Qi (1987)报道了同一条剖面,但认为剖面的 1~2 层是脑木根组巴彦乌兰层,3~6 层是伊尔丁曼哈组阿山头层(相当于现在的阿山头组),7~9 层是伊尔丁曼哈组伊尔丁曼哈层(相当于现在的伊尔丁曼哈组),10~16 层为乌兰戈楚组,17 层为呼尔井组。孟津等(1999)认为巴彦乌兰剖面自下而上可能包含了脑木根组、阿山头组、伊尔丁曼哈组、沙拉木伦组、乌兰戈楚组和呼尔井组。与 Qi (1987)划分的不同之处在于,孟津等(1999)将剖面的第 9 层归为沙拉木伦组。

与额尔登敖包剖面一样,中亚考察团的内蒙古台地剖面在划分对比上也存在不少问题。王伴月(2003)认为台地顶部的地层应该是上脑岗代组,而不是呼尔井组或巴润绍组。从目前的资料和我们野外考察的情况看,这一结论是正确的。至于其他地层的划分和对比以及是否有整组地层缺失或具体缺失的层位仍有待通过对采集的化石进行详细的室内研究来解决。

3.5 四方敖包地区

四方敖包地区的古近系剖面也是由 Osborn (1929)首次报道的。他将该地古近系自上而下分为“巴润绍组”、“乌兰戈楚组”、“沙拉木伦组”和有疑问的“阿山头组”(Osborn, 1929:5, fig. 2)。此后,对于这条剖面没有进行过进一步的详细研究。2010 年,我们短暂考察了四方敖包地区后发现,与额尔登敖包剖面 and 脑木更台地剖面一样,中亚考察团对这条剖面的划分对比也存在很多疑问,需要进一步工作来加以解决。

4 小结

内蒙古二连盆地是我国乃至亚洲古近系最为发育的地区之一,研究历史悠久,国际上广泛采用的古近纪亚洲陆地哺乳动物分期中有许多是根据二连盆地的动物群提出的。二连盆地因此成为完善我国乃至东亚古近纪哺乳动物年代框架的关键地区。

为了避免给今后的工作带来混乱,描述报道新的化石时要尽量提供可靠的产地和层位信息。鉴于以往工作过程中,在各主要地点的地层划分和对比方面存在诸多分歧,在相关地层问题没有得到澄清的地区(或地点),建议采用临时性的折衷方案,采用含义明确的但并不规范的地层名称,如中亚考察团的额尔登敖包剖面“中部白层”等。同时,在进行生物地层对比时,要对典型地点(或命名地点)与非典型地点产出的化石加以区分,谨

慎用非典型地点的化石作为生物地层对比的参照。

致谢 李传夔、倪喜军、白滨、李茜、邢海、李萍、毛方园、K. Christopher Beard、Daniel L. Gebo、周伟、曹强、李士杰、李祁、郭振光、王永兴、孙承凯、李淳、李岩、高伟、李强、陈伟、王平、杜文华、王团伟和王天宇参加野外工作;写作过程中,与李传夔、邱占祥、王伴月和童永生等进行了有益的讨论;野外工作中得到内蒙古自治区国土资源厅、二连浩特市国土资源局和四子王旗国土资源局的大力支持,在此一并表示衷心感谢。

COMMENTS ON PALEOGENE LOCALITIES AND STRATIGRAPHY IN THE ERLIAN BASIN, NEI MONGOL, CHINA

WANG Yuan-Qing¹ MENG Jin^{1, 2} JIN Xun¹

(1 Key Laboratory of Evolutionary Systematics of Vertebrates, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences Beijing 100044 wangyuanqing@ivpp.ac.cn)

(2 Division of Paleontology, American Museum of Natural History New York, NY 10024, USA)

Key words Erlian Basin, Nei Mongol; Paleogene; localities; lithostratigraphic units

Summary

The Erlian Basin is located in central Nei Mongol (Inner Mongolia), near the China-Mongolia border. Its coordinates are approximately 42°–44°N and 110°–114°E (Jiang, 1983). The Paleogene strata in the basin are well-exposed and fossiliferous. Since the 1920s, the Central Asiatic Expeditions of the American Museum of Natural History (CAE), the Sino-Soviet Paleontological Expedition, the Regional Geological Survey of Nei Mongol Autonomous Region, and the Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology of the Chinese Academy of Sciences (in collaboration with the American Museum of Natural History and the Carnegie Museum of Natural History in recent years) have investigated the Erlian Basin. Such work has established a stratigraphic framework and provided the basis for a number of proposed lithostratigraphic unit names. Several faunas from the Erlian Basin have been the base of Asian Paleogene Land Mammal Ages that have been widely accepted (Luterbacher et al., 2004). The Erlian Basin has thus become an important area for the study of Asian Paleogene mammals, stratigraphy and related issues. For a long time, however, some confusion has existed regarding the usage of locality names, and clarity has been lacking with respect to the definitions, subdivisions and correlative relationships of some lithostratigraphic units in the region. In the course of his study of Asian Paleogene tapiroids, Radinsky (1964) discussed the Eocene and Oligocene fossil localities in the Erlian Basin and questioned the stratigraphic assignments of some localities, but he failed to clarify the local stratigraphy. The purpose of this paper is to clarify some of the uncertainties that exist regarding both locality names and stratigraphy, based on our recent investigations and on comparisons of our new data with previous references and the CAE archives.

Because the definitions of some formations vary among localities or areas, the following discussion of locality names, and the stratigraphic subdivisions and correlations is organized geographically in order to avoid further confusion (refer to Fig. 1 for the localities).

1 The vicinity of Erenhot

This area includes the CAE's Iren Dabasu area and Camp Margetts area (Radinsky,

1964). The Paleogene localities in the Iren Dabasu area are distributed among the Houldjin Escarpment, the Irdin Manha Escarpment, and some scattered small exposures.

The Houldjin locality is east of Erenhot and south of the salt lake, with coordinates of approximately $43^{\circ}40.677'N$, $112^{\circ}03.762'E$. The Houldjin Formation comprises loose rusty yellow gravels with a thickness of 4.6–12.2 m (15–40 ft) (Berkey and Morris, 1927). Our work indicates that “Houldjin Formation” deposits with superficially similar lithology at sites other than the type locality are not correlative with the type Houldjin Formation. We strongly suggest that the Houldjin Formation and the Houldjin fauna be restricted to the type locality.

The Irdin Manha Escarpment is located about 30 km southeast of Erenhot. In 1923, the CAE established the Telegraph Line Camp on the escarpment. Comparison of the sketch map of the CAE (Granger, 1923) to a modern topographic map suggested that this camp was located at the Gobi plane in the middle part of the western rim of the escarpment. Our recent field work confirms that this camp was located at $43^{\circ}28.693'N$ by $112^{\circ}15.612'E$. The deposits comprising the entire section at the escarpment were originally included in the Irdin Manha Formation (Granger and Berkey, 1922). Later, the red clay and siltstone in the lower part of the section was distinguished from the upper grayish-white sandstone, conglomerate and sandy mudstone, and named the Arshanto Formation after the Arshanto Obo (Berkey and Morris, 1927). This subdivision of the section was widely accepted (BGMNRNMR, 1991; Li et al., 1996; Meng et al., 2007b; Qi, 1980, 1987; Wang et al., 2010). However, the base of the Arshanto Formation here is not exposed and the Irdin Manha Formation preserves only its lowest portion of about 10 m in thickness. The Arshanto Formation is now being demonstrated to be best exposed at the Huheboerhe section (see below).

The precise geographic positions of three other localities in the Iren Dabasu area need to be further checked. The fossil-bearing strata 25 Miles [40 km] East of Iren Dabasu (Granger, 1923) probably include beds equivalent to both the Arshanto and Irdin Manha formations (Radinsky, 1964). The exposures at the locality 5 Miles [8 km] North of Arshanto Obo, originally assigned to the Irdin Manha Formation (Granger, 1930; Osborn and Granger, 1932), probably belong to the Arshanto Formation (Radinsky, 1964; Mao and Wang, 2012). The stratigraphic position of the fossil-bearing beds at the third locality, 2.5 Miles [4 km] Eastward from Arshanto Obo, is likewise uncertain (Granger, 1930).

The Huheboerhe Area is located about 40 km southwest of Erenhot, and is roughly the same as the CAE's Camp Margetts Area. Our work confirms the general positions of the CAE's localities in this region. The Camp Margetts per se is located somewhere near Duheminboerhe, whereas the Overnight Camp is at the Daoteyin Obo. The site called 6 Miles [9.6 km] West of Camp Margetts corresponds to the modern Nuhetingboerhe, while the site named 10 Miles [16 km] Southwest of Camp Margetts is Huheboerhe. The sites marked as 7 Miles [11 km] at 235° of Camp Margetts and 7 Miles [11 km] West of Camp Margetts are Wulanboerhe and Wulanboerhe North, respectively (Meng et al., 2007b; Wang et al., 2010). Lithological comparisons with the type sections, combined with fossil evidence, show that the so-called “Houldjin Formation” of the CAE at Camp Margetts and in the surrounding area is actually the Irdin Manha Formation, whereas the “Irdin Manha Formation” is in fact the Arshanto Formation (Meng et al., 2007b; Wang et al., 2010). The area around Erenhot contains some exposures of the Nomogen Formation, at Subeng and in the Huheboerhe Area (Meng et al., 2007b; Wang et al., 2010).

2 The west side of the Shara Murun River

This area contains the CAE's localities at Baron Sog Mesa and North Mesa. Interpreting the CAE's records in the light of our field work confirms that the localities 4 Miles [6.4 km] North

of Baron Sog Lamasery and 8 Miles [12.8 km] North of Baron Sog Lamasery are respectively called Haerhada and Xilin Nor North on today's topographic map, while 4 Miles [6.4 km] North of Tukhum Lamasery and 8 Miles [12.8 km] North of Tukhum Lamasery (= Chimney Butte) are respectively Wulantaolegai and Wulanhuxiu. The names of other localities in this area, including Ula Usu, Ulan Gochu, Big Red Draw, and Northwest Promontory, are better kept for use in the future.

The west side of the Shara Murun River is the area of the type localities for the Tukhum Formation, the Shara Murun Formation, the Ulan Gochu Formation, the Baron Sog Formation, and the Ulan Shireh Formation. The first four formations were named on the basis of strata exposed at the Baron Sog Mesa, and have clear superpositional relationships. The fifth, the Ulan Shireh Formation, was proposed for the entire stratigraphic section exposed at North Mesa. Our recent investigations show that the upper part of the Ulan Shireh Formation may be equivalent to the Tukhum Formation.

Paleogene stratigraphic correlations within the Erlian Basin depend mainly on how the Ulan Shireh Formation in the western part of the basin is correlated with the formations in the eastern part. The Ulan Shireh Formation has traditionally been thought to be correlative to the Irдин Manha Formation (Granger and Gregory, 1934; Granger, 1938; Ye, 1983). Our work shows that the mammalian fauna from the Ulan Shireh Formation contains forms characteristic of both the Arshanto and Irдин Manha formations in the vicinity of Erenhot. It is probable that the Ulan Shireh fauna comes from more than one level. Paleogene correlations within the basin need to be further clarified.

3 The vicinity of the Naomugeng Sumu

This area includes the CAE's Urtyn Obo site as well as two smaller sites, the Paleocene Haliut site and the Late Eocene Yihe subu site. Urtyn Obo is currently spelled "Erden Obo" (Qi, 1990). The strata exposed at Haliut and Yihe subu can be correlated with the Erden Obo section with certainty.

Osborn (1929) first reported the Erden Obo (Urtyn Obo) section. Based on Granger's and Spock's fieldnotes, he subdivided the deposits in the section into 8 layers, called in descending order the "Upper White", the "Upper Red", the "Middle White or Gray", the "Middle Red", the "Lower White", the "Lower Red", the "Basal White", and the "Basal Red" (Fig. 2B). These layers were referred to the "Baron Sog Formation", the "Ulan Gochu Formation", the "Shara Murun Formation" and the "Arshanto? Formation" (Osborn, 1929). However, the formation names and the correlations they imply are highly questionable. For example, the putative "Ulan Gochu Formation" of the Erden Obo section, consisting of more than one "Red" layer and "White" layer, is more than 68 m (225 ft) in thickness (Osborn, 1929). By contrast, the type Ulan Gochu Formation at Baron Sog Mesa is only 18.3 m (60 ft) thick and has only one layer of red clay (Fig. 2A) (Berkey et al., 1929). Different opinions on the subdivision of the section have been put forward by subsequent researchers (see Table 1). Our investigations, and recent studies by other researchers (e. g. Wang, 2003), have provided evidence favoring the respective use of the Nomogen Formation and the Upper Naogangdai Formation for the lowest and uppermost parts of the section. Clarification of the stratigraphy of the remainder of the Erden Obo section is beyond the scope of the current paper and will be discussed separately.

4 The Nom Khong area (= Nom Khong Shireh or Holy Mesa)

This area was also called Nom Khong Shireh or Holy Mesa by the CAE (Radinsky, 1964)

and Nom Khong Ora by the Sino-Soviet Paleontological Expedition (Chow and Rozhdestvensky, 1960).

As with the Erden Obo section, the scheme of subdivisions and correlations proposed for the section in the Nom Khong area by the CAE (Fig. 2C) is questionable. Currently, the uppermost part (= CAE's "Baron Sog Formation") can be correlated with the Upper Naogangdai Formation with certainty (Wang, 2003), but the correlative relationships of the other strata will only be established following further study of the fossil mammals collected from the area.

5 The Sifang Obo area (= East Mesa)

This area is the same as the CAE's East Mesa (Radinsky, 1964). The CAE named four localities there: Twin Obo, Spring Camp, Ulan Shireh Obo, and Jhama Obo (Granger, 1928; Radinsky, 1964). Of these names, only Jhama Obo appears on the modern topographic map. The Twin Obo is marked as Bayan Obo on the topographic map and called Sifang Obo by local people. The Spring Camp is near the place currently named Heretu. Ulan Shireh Obo is probably Ganggan Obo.

This area is fossiliferous, but no detailed investigations have been made since the CAE collected fossils here. Our brief field work suggests that further investigation will be needed to clarify the subdivisions and correlations of the deposits in this area.

References

- Beard K C, Wang Y Q, Meng J et al., 2010. Paleocene *Hapalodectes* (Mammalia: Mesonychia) from Subeng, Inner Mongolia: further evidence of "East of Eden" dispersal at the Paleocene-Eocene boundary. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **48**(4): 377–391
- Berkey C P, Granger W, 1923. Later sediments of the desert basins of central Mongolia. *Am Mus Novit*, (77): 1–16
- Berkey C P, Granger W, Morris F K, 1929. Additional new formations in the later sediments of Mongolia. *Am Mus Novit*, (385): 1–12
- Berkey C P, Morris F K, 1924. Basin structures in Mongolia. *Bull Am Mus Nat Hist*, **51**: 103–127
- Berkey C P, Morris F K, 1927. Geology of Mongolia—a reconnaissance report based on the investigations of the years 1922–1923. In: *Natural History of Central Asia*. Vol. II. New York: American Museum of Natural History. 1–475
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Nei Mongol Autonomous Region (BGMRNMAR, 内蒙古自治区地质矿产局), 1991. Regional Geology of Nei Mongol Autonomous Region. In: *People's Republic of China Ministry of Geology and Mineral Resources, Geological Memoirs, Series I*. Vol. 25. Beijing: Geological Publishing House. 1–725 (in Chinese with English summary)
- Chang H C (张席褀), 1931. A brief summary of the Tertiary formations of Inner Mongolia and their correlation with Europe and North America. *Bull Geol Soc China*, **10**: 301–316
- Chow M C (周明镇), Qi T (齐陶), 1978. Paleocene mammalian fossils from Nomogen Formation of Inner Mongolia. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **16**(2): 77–85 (in Chinese with English summary)
- Chow M C, Rozhdestvensky A K, 1960. Exploration in Inner Mongolia—a preliminary account of the 1959 field work of the Sino-Soviet Paleontological Expedition (SSPE). *Vert PalAsiat*, **4**(1): 1–10
- Editorial Group of Regional Stratigraphy of Nei Mongol Autonomous Region (内蒙古自治区区域地层表编写组), 1978. Regional Stratigraphy of North China: Nei Mongol Fascicle. Beijing: Geological Publishing House. 1–338 (in Chinese)
- Granger W, 1923. Field records of fossils, Mongolia 1923. Third Central Asiatic Expeditions (Field Notes). New York: American Museum of Natural History. 1–82
- Granger W, 1925. Records of fossils, Mongolia 1925. Third Central Asiatic Expeditions (Field Notes). New York: American Museum of Natural History. 1–76

- Granger W, 1928. Records of fossils, Mongolia 1928. Third Central Asiatic Expeditions (Field Notes). New York; American Museum of Natural History. 1-79
- Granger W, 1930. Records of fossils, Mongolia 1930. Third Central Asiatic Expeditions (Field Notes). New York; American Museum of Natural History. 1-57
- Granger W, 1938. A giant oxyaenid from the Upper Eocene of Mongolia. *Am Mus Novit*, (969): 1-5
- Granger W, Berkey C P, 1922. Discovery of Cretaceous and older Tertiary strata in Mongolia. *Am Mus Novit*, (42): 1-7
- Granger W, Gregory W K, 1934. An apparently new family of amblypod mammals from Mongolia. *Am Mus Novit*, (720): 1-8
- Granger W, Gregory W K, 1943. A revision of the Mongolian titanotheres. *Bull Am Mus Nat Hist*, **80**(10): 349-389
- Jiang H X(江浩贤), 1983. Division of the Paleogene in the Erlian Basin of Nei Mongol. *Geol Nei Mongol*(内蒙古地质), (2): 18-36(in Chinese)
- Li C K, Ting S Y, 1983. The Paleogene mammals of China. *Bull Carnegie Mus Nat Hist*, **21**: 1-93
- Li W G(李文国), Li Q F(李庆富), Jiang W D(姜万德) et al., 1996. Stratigraphy (Lithostratic) of Nei Mongol Autonomous Region. In: Multiple Classification and Correlation of the Stratigraphy of China. Vol. 15. Beijing: China University of Geosciences Press. 1-344(in Chinese)
- Lucas S G, Emry R J, Bayashov B U, 1996. *Zaisanamyndon*, a Late Eocene amynodontid (Mammalia, Perissodactyla) from Kazakhstan and China. *Tertiary Res*, **17**(1-2): 51-58
- Luterbacher H P, Ali J R, Brinkhuis H et al., 2004. The Paleogene Period. In: Gradstein F M, Ogg J G, Smith A eds. A Geological Time Scale 2004. Cambridge: Cambridge University Press. 384-408
- Mao F Y(毛方园), Wang Y Q(王元青), 2012. Coryphodontids (Mammalia: Pantodonta) from the Erlian Basin of Nei Mongol, China, and their biostratigraphic implications. *Vert PalAsiat*(古脊椎动物学报), **50**(3): 258-280(in Chinese with English summary)
- Matthew W D, Granger W, 1923. The fauna of the Houldjin Gravels. *Am Mus Novit*, (97): 1-6
- Matthew W D, Granger W, 1925. New mammals from the Shara Murun Eocene of Mongolia. *Am Mus Novit*, (196): 1-11
- Matthew W D, Granger W, 1926. Two new perissodactyls from the Arshanto Eocene of Mongolia. *Am Mus Novit*, (208): 1-5
- Meng J(孟津), 1990. A new species of Didymoconidae and comments on related locality and stratigraphy. *Vert PalAsiat*(古脊椎动物学报), **28**(3): 206-217(in Chinese with English summary)
- Meng J, Bowen G J, Ye J et al., 2004. *Gomphos elkema* (Glires, Mammalia) from the Erlian Basin: evidence for the early Tertiary Bumbanian Land Mammal Age in Nei-Mongol, China. *Am Mus Novit*, (3245): 1-24
- Meng J(孟津), Hu Y M(胡耀明), 2004. Lagomorphs from the Yihesubu Late Eocene of Nei Mongol (Inner Mongolia). *Vert PalAsiat*(古脊椎动物学报), **42**(4): 261-275
- Meng J, McKenna M C, 1998. Faunal turnovers of Palaeogene mammals from the Mongolian Plateau. *Nature*, **394**: 364-367
- Meng J, Ni X J, Li C K et al., 2007a. New material of Alagomyidae (Mammalia, Glires) from the Late Paleocene Subeng Locality, Inner Mongolia. *Am Mus Novit*, (3579): 1-29
- Meng J, Wang Y Q, Ni X J et al., 2007b. New stratigraphic data from the Erlian Basin: implications for the division, correlation, and definition of Paleogene lithological units in Nei Mongol (Inner Mongolia). *Am Mus Novit*, (3570): 1-31
- Meng J(孟津), Ye J(叶捷), Huang X S(黄学诗), 1999. Eocene mammals from the Bayan Ulan of Nei Mongol (Inner Mongolia) and comments on related stratigraphy. *Vert PalAsiat*(古脊椎动物学报), **37**(3): 165-174(in Chinese with English summary)
- Meng J, Zhai R J, Wyss A R, 1998. The Late Paleocene Bayan Ulan fauna of Inner Mongolia, China. In: Beard K C, Dawson M R eds. Dawn of the Age of Mammals in Asia. *Bull Carnegie Mus Nat Hist*, (34): 148-185
- Miao D S, 1986. Dental anatomy and ontogeny of *Lambdopsalis bulla* (Mammalia, Multituberculata). *Contrib Geol, Univ Wyo*, **24**(1): 65-76
- Mihlbachler M C, 2008. Species taxonomy, phylogeny, and biogeography of the Brontotheriidae (Mammalia: Perissodactyla). *Bull Am Mus Nat Hist*, **311**: 1-475
- Missiaen P, Smith T, 2005. A new Paleocene nyctitheriid insectivore from Inner Mongolia (China) and the origin of Asian

- nyctitheriids. *Acta Palaeont Pol*, **50**(3): 513–522
- Morris F K, 1923. Geological Reconnaissance. Third Central Asiatic Expeditions (Field Notes), Book 4. New York: American Museum of Natural History. 1–115
- Ni X J, Meng J, Beard K C et al., 2010. A new tarkadectine primate from the Eocene of Inner Mongolia, China: phylogenetic and biogeographic implications. *Proc R Soc B: Biol Sci*, **277**: 247–256
- Osborn H F, 1925. Upper Eocene and Lower Oligocene titanotheres of Mongolia. *Am Mus Novit*, (202): 1–12
- Osborn H F, 1929. *Embolotherium*, gen. nov., of the Ulan Gochu, Mongolia. *Am Mus Novit*, (353): 1–20
- Osborn H F, Granger W, 1932. Coryphodonts and uinatheres from the Mongolian Expedition of 1930. *Am Mus Novit*, (552): 1–16
- Pei W Z, Chow M C, Zheng J J, 1963. The Chinese Cenozoic Erathem. Beijing: Science Press. 1–31 (in Chinese)
- Premoli Silva I, Jenkins G D, 1993. Decision on the Eocene-Oligocene boundary stratotype. *Episodes*, **16**(3): 379–382
- Qi T (齐陶), 1980. Irdin Manha Upper Eocene and its mammalian fauna at Huhebolhe Cliff in central Inner Mongolia. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **18**(1): 28–32 (in Chinese with English summary)
- Qi T, 1987. The Middle Eocene Arshanto fauna (Mammalia) of Inner Mongolia. *Ann Carnegie Mus*, **56**(1): 1–73
- Qi T (齐陶), 1990. A Paleogene section at Erden Obo, Nei Mongol and on the discovery of *Pastoralodon lacustris* (Pantodontia, Mammalia) in that area. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **28**(1): 25–33 (in Chinese with English summary)
- Qi T (齐陶), Wu L J (吴丽君), Zhang Q Z (张全忠), 1992. Discovery of *Protitan* (Perissodactyla, Brontotheriidae) from Late Eocene Tukhum beds, Nei Mongol. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **30**(2): 162–167 (in Chinese with English summary)
- Qiu Z X (邱占祥), Wang B Y (王伴月), 2007. Paraceratheres fossils of China. *Palaeont Sin* (中国古生物志), New Ser C, (29): 1–396 (in Chinese with English summary)
- Radinsky L B, 1964. Notes on Eocene and Oligocene fossil localities in Inner Mongolia. *Am Mus Novit*, (2180): 1–11
- Radinsky L B, 1965. Early Tertiary Tapiroidea of Asia. *Bull Am Mus Nat Hist*, **129**(2): 181–264
- Radinsky L B, 1967. A review of the rhinocerotoid family Hyracodontidae (Perissodactyla). *Bull Am Mus Nat Hist*, **136**(1): 1–46
- Romer A S, 1966. Vertebrate Paleontology. Chicago and London: University of Chicago Press. 1–467
- Russell D E, Zhai R J, 1987. The Paleogene of Asia: mammals and stratigraphy. *Mém Mus Natl Hist Nat, Sér C, Sci Terre*, **52**: 1–448
- Sun B (孙勃), Yue L P (岳乐平), Wang Y Q (王元青) et al., 2009. Magnetostratigraphy of the early Paleogene in the Erlian Basin. *J Stratigr* (地层学杂志), **33**(1): 62–68 (in Chinese with English abstract)
- Tong Y S (童永生), Zheng S H (郑绍华), Qiu Z D (邱铸鼎), 1995. Cenozoic mammal ages of China. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **33**(4): 290–314 (in Chinese with English summary)
- Tsubamoto T, Takai M, Egi N, 2004. Quantitative analyses of biogeography and faunal evolution of Middle to Late Eocene mammals in East Asia. *J Vert Paleont*, **24**(3): 657–667
- Wang B Y, 1992. The Chinese Oligocene: a preliminary review of mammalian localities and local faunas. In: Prothero D R, Berggren W A eds. *Eocene-Oligocene Climate and Biotic Evolution*. Princeton: Princeton University Press. 529–547
- Wang B Y (王伴月), 1997. Problems and recent advances in the division of the continental Oligocene. *J Stratigr* (地层学杂志), **21**(2): 81–90 (in Chinese with English abstract)
- Wang B Y (王伴月), 2001. Eocene ctenodactylids (Rodentia, Mammalia) from Nei Mongol, China. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **39**(2): 98–114 (in Chinese with English summary)
- Wang B Y (王伴月), 2003. Oligocene rodents from the Nomogen (= Nom Khong) area of Nei Mongol, China, and comments on related stratigraphy. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **41**(3): 211–219 (in Chinese with English summary)
- Wang B Y (王伴月), 2007a. Late Eocene lagomorphs from Nei Mongol, China. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **45**(1): 43–58 (in Chinese with English summary)
- Wang B Y (王伴月), 2007b. Late Eocene cricetids (Rodentia, Mammalia) from Nei Mongol, China. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **45**(2): 1–12 (in Chinese with English summary)

- 动物学报), **45**(3): 195–212(in Chinese with English summary)
- Wang B Y(王伴月), 2008a. First record of primate fossils from Late Eocene in Eren Region, Nei Mongol, China. Vert PalAsiat(古脊椎动物学报), **46**(2): 81–89(in Chinese with English summary)
- Wang B Y(王伴月), 2008b. First record of Late Eocene insectivores and chiropteres from Nei Mongol, China. Vert PalAsiat(古脊椎动物学报), **46**(4): 249–264(in Chinese with English summary)
- Wang B Y(王伴月), Meng J(孟津), 2009. *Ardynomys* (Cylindrodontidae, Rodentia) from Nei Mongol, China. Vert PalAsiat(古脊椎动物学报), **47**(3): 240–244(in Chinese with English summary)
- Wang B Y(王伴月), Qiu Z X(邱占祥), 2002. A new species of Entelodontidae (Artiodactyla, Mammalia) from Late Eocene of Nei Mongol, China. Vert PalAsiat(古脊椎动物学报), **40**(3): 194–202(in Chinese with English summary)
- Wang B Y(王伴月), Qiu Z X(邱占祥), Zhang Q Z(张全中) et al., 2009. Large mammals found from Houldjin Formation near Erenhot, Nei Mongol, China. Vert PalAsiat(古脊椎动物学报), **47**(2): 85–110(in Chinese with English summary)
- Wang B Y(王伴月), Zhai R J(翟人杰), Dawson M R, 1998. Discovery of Ischyromyinae (Rodentia, Mammalia) from the Middle Eocene of North China. Vert PalAsiat(古脊椎动物学报), **36**(1): 1–12(in Chinese with English summary)
- Wang Y Q, Meng J, Beard K C et al., 2010. Early Paleogene stratigraphic sequence, mammalian evolution and its response to the environmental change in Erlian Basin, Inner Mongolia, China. Sci China: Earth Sci, **53**(12): 1918–1926
- Wang Y Q, Meng J, Ni X J et al., 2007. Major events of Paleogene mammal radiation in China. Geol J, **42**: 415–430
- Xu Y X(徐余瑄), 1966. Amarynodonts of Inner Mongolia. Vert PalAsiat(古脊椎动物学报), **10**(2): 123–190(in Chinese with English summary)
- Ye J(叶捷), 1983. Mammalian fauna from the Late Eocene of Ulan Shireh area, Inner Mongolia. Vert PalAsiat(古脊椎动物学报), **21**(2): 109–118(in Chinese with English summary)
- Zheng J J(郑家坚), He X X(何希贤), Liu S W(刘淑文) et al., 1999. Stratigraphical Lexicon of China: The Tertiary. Beijing: Geological Publishing House. 1–163(in Chinese)
- Zhou M Z(周明镇), Qi T(齐陶), Li Y(李荣), 1976. Paleocene stratigraphy and faunal characters of mammalian fossils of Nomogen commune, Si-Zi-Wang Qi, Nei Mongol. Vert PalAsiat(古脊椎动物学报), **14**(4): 228–233(in Chinese with English abstract)